



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 30 449 A 1**

⑤⑦ Int. Cl. 7:  
**G 02 B 1/02**  
G 03 F 7/20  
G 21 K 1/06

②① Aktenzeichen: 198 30 449.8  
②② Anmeldetag: 8. 7. 1998  
④③ Offenlegungstag: 27. 1. 2000

DE 198 30 449 A 1

⑦① Anmelder:  
Fa. Carl Zeiss, 89518 Heidenheim, DE

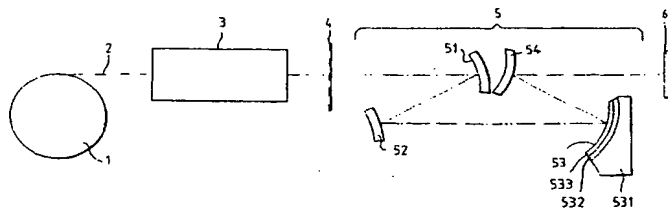
⑦② Erfinder:  
Kaiser, Winfried, 73431 Aalen, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE Patentanmeldung 7047 IXa/42h;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤④ SiO<sub>2</sub>-beschichtetes Spiegelsubstrat für EUV
- ⑤⑦ Spiegelsubstrat bestehend aus Kristall, insbesondere Silizium-Kristall, wobei eine amorphe Schicht insbesondere aus Quarzglas aufgebracht ist.



DE 198 30 449 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Spiegelsubstrat, einen Spiegel mit einem derartigen Spiegelsubstrat und ein Herstellverfahren dafür, sowie eine EUV-Projektionsbelichtungsanlage damit.

Monokristallines Silizium ist für anspruchsvolle Spiegel mit hoher thermischer Belastung bei bester Formkonstanz ein bevorzugtes Substratmaterial.

Für Anwendungen im Röntgenbereich, insbesondere für weiche Röntgenstrahlung, auch Extrem-Ultraviolett (EUV) genannt, sind extrem glatte Oberflächen mit Mikrorauigkeitswerten im Angström-Bereich erforderlich. Dies wird mit sogenannten "Super-Polish" erreicht.

Silizium-Substrate lassen sich in dieser Qualität besonders im Fall stark gekrümmter Flächen erfahrungsgemäß nur schlecht oder gar nicht homogen über ausreichend große Flächen homogen polieren.

Bevorzugte Anwendung finden derartige EUV-Spiegel in der EUV-Lithographie für die Spiegel von Beleuchtung, Maske und Projektionsobjektiv. Ihre Politurqualität ist dabei entscheidend für die Brauchbarkeit des ganzen Systems. Dies folgt z. B. aus K. Hoh, Bull. Electrotechn. Lab. 49, No. 12, Oct. 1985, page 47-54, T.E. Jewell et al. Proz. SPIE Vol. 1527 (1991), David M. Williamson, OSA IODC Conference paper LWA 2-1, page 181-184, June 10, 1998.

Aus JP-B2-96/032 592 ist ein Röntgenspiegel bekannt, bei dem eine Matrix mit gesintertem SiC mit kristallinem SiC beschichtet ist, wodurch eine präzise glatte Oberfläche erhalten wird.

Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung eines Spiegelsubstrats, welches die positiven Eigenschaften der Silizium-Einkristall-Substrate mit hervorragenden "Super-Polish"-Eigenschaften verbindet.

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Spiegelsubstrat nach Anspruch 1. Demnach wird auf einen Substratkörper aus einem Kristall mit geringer Wärmeausdehnung und hoher thermischer Leitfähigkeit (Diamant, BN, SiC, Silizium als Beispiele) eine dünne amorphe Schicht z. B. aus Quarzglas, amorphem  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  aufgebracht. Damit wird eine bekannt gut zum "Super-Polish" geeignete Deckschicht bereitgestellt, ohne die sonstigen Eigenschaften des Substrats zu beeinträchtigen.

Eine vorteilhafte Ausführung nach Anspruch 2 sieht eine Schichtdicke der amorphen Schicht von 1-100  $\mu\text{m}$  vor.

Anspruch 3 gibt einen Spiegel mit einem derartigen Substrat in vorteilhafter Ausführung an.

Anspruch 4 gibt ein bevorzugtes Herstellverfahren für einen derartigen Spiegel.

Anspruch 5 gibt die vorteilhafte Verwendung erfindungsgemäßer Spiegel in EUV-Projektionsbelichtungsanlagen wieder.

Näher erläutert wird die Erfindung anhand der Zeichnung:

Deren Fig. 1 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße EUV-Projektionsbelichtungsanlage.

Der Aufbau einer solchen EUV-Projektionsbelichtungsanlage ist an sich in zahlreichen Varianten bekannt z. B. aus den o.g. Schriften Jewell und Williamson und den darin genannten Zitaten. Sie umfaßt eine EUV-Quelle 1, z. B. ein Synchrotron oder eine Laser-Plasmafokus-Quelle, welche einen EUV-Strahl 2 erzeugt mit z. B. 13 nm Wellenlänge oder einer anderen Wellenlänge im bevorzugten Bereich von ca. 10 bis 20 nm, für die geeignete Multilayer-Reflexschichten (siehe unten 533) zur Verfügung stehen.

Eine Beleuchtungs-Optik 3 dient zur geeigneten Formung des EUV Lichts hinsichtlich Lichtleitwert, Pupillenfüllung, Homogenität, Telezentrie und so weiter. Damit wird die

Maske 4 beleuchtet, dargestellt als Transmissionsmaske, vielfach bevorzugt jedoch auch als Reflexionsmaske. Diese Maske 4 wird durch ein Projektionsobjektiv 5 auf das Objekt 6, den Wafer, verkleinert abgebildet.

Das Projektionsobjektiv 5 enthält wie in mehreren bekannten Designs vier gekrümmte Spiegel 51, 52, 53, 54. Davon ist stellvertretend an Spiegel 53 der erfindungsgemäße Aufbau mit dem Silizium-Einkristall-Substrat 531, der dünnen Deckschicht 532 aus amorphem Quarz, die mit "Super-Polish" die hochgenaue Endkontur des Spiegels 53 definiert, und der Multilayer-Reflexschicht 533 dargestellt. Letztere ergibt als "distributed Bragg reflector" für einen bestimmten Spektralbereich relativ hohe Reflektivität von rund 40-60%.

Das Substrat 531 ist in seiner Form durch die Erfordernisse mechanischer Stabilität, Kühlung, Einbau in Fassung, Anpassung an den Strahlengang (Vignettierung) usw. bestimmt. Die Nutzfläche wird zunächst endkonturnah präzise optisch poliert. Dann wird die dünne amorphe Quarzschicht 532 abgeschieden. Dazu eignet sich z. B. das CVD-Verfahren. Deformationen der Spiegelfläche durch Spannungen der Schicht 532 können durch die Prozeßparameter und Nachbehandlungen minimal gehalten werden. Durch Vorhalt bei der Formgebung des Substrats 531 und durch entsprechende Politur der Quarzschicht 532 können sie kompensiert werden.

Die amorphe Quarzschicht 532 dient also nicht als Haftgrund, Diffusionssperre oder ähnliche Hilfsschicht der Multilayer-Reflexschichten 533, sondern vielmehr als die Kontur des Spiegels 53 tragende Material.

Nach der Beschichtung mit der Quarzschicht 532 erfolgt also demnach die abschließende formgebende Bearbeitung, das sogenannte "Super-Polish".

Auf dieser Schicht 532 ist dann in bekannter Weise eine Reflexschicht 533, aufgebaut als Multilayer-EUV-Reflexschicht, angeordnet.

Natürlich können derartig aufgebaute Spiegel auch an jeder anderen Stelle der Projektionsbelichtungsanlage und auch in anderen Geräten, z. B. Röntgen-Mikroskopen oder Teleskopen eingesetzt werden.

Jedes Material des Substratkörpers, das für den "bulk" vorteilhaft ist, wie die oben genannten Materialien geringer Wärmeausdehnung und gleichzeitig hoher Wärmeleitfähigkeit, kann mit einer dünnen Deckschicht aus gut in optischer Qualität polierbarem Material versehen werden. Die Anpassung hinsichtlich Hafteigenschaften, Spannungen, Korrosion usw. wird mit bekannten Kriterien erreicht.

## Patentansprüche

1. Spiegelsubstrat bestehend aus Kristall, insbesondere Silizium-Kristall, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine amorphe Schicht insbesondere aus Quarzglas aufgebracht ist.
2. Spiegelsubstrat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die amorphe Schicht eine Dicke im Bereich 1 bis 100 Mikrometer aufweist.
3. Spiegel mit Reflexschichten, insbesondere Multilayer, mit einem Substrat aus Kristall, vorzugsweise Silizium und einer Substratdeckschicht aus amorphem Material, vorzugsweise Quarzglas, als Träger der Reflexschichten.
4. Herstellverfahren für einen Spiegel, bei dem ein Körper aus Kristall endkonturnah geformt wird, eine dünne Schicht aus amorphem Material abgeschieden wird, insbesondere mittels CVD, dann die optische Endpolitur erfolgt und anschließend Reflexschichten aufgebracht werden.
5. EUV-Projektionsbelichtungsanlage, dadurch ge-

kennzeichnet, daß mindestens ein Spiegel nach Anspruch 3 enthalten ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

